Aus der Chirurgischen Universitätsklinik zu Marburg-Lahn
(Direktor: Prof. Dr. R. Klapp.)

MARSCHFRAKTUREN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
IN DER GESAMTEN MEDIZIN
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER PHILIPPS-UNIVERSITÄT ZU MARBURG

VORGELEGT VON

WALTER STÜCKRADT
AUS BOCHUM

MARBURG-LAHN 1939
DRUCKEREI HERMANN BAUER

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Marburg am 13. Januar 1939.

Referent: Professor Dr. R. Klapp.

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Meinen Eltern
und meiner lieben Schwester

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547922_0084

Während wir noch bis vor ungefähr 10 Jahren mit dieser Bezeichnung lediglich Frakturen und frakturgleichende Veränderungen umfaßten, die auf der Grundlage des Marschierens oder ähnlicher Uebungen an den Fußknochen entstanden waren, beziehen wir heute diesen Begriff auch noch auf weitere Teile des Skeletts. Sowohl in ätiologischer Hinsicht als auch im Hinblick auf den weiteren klinischen Verlauf lassen sich die Marschfrakturen in das große Gebiet der Knochenbelastungs- oder noch besser Ueberlastungsschäden einreihen, soweit es sich nicht um Knochenveränderungen handelt, die durch grob traumatische Einflüsse oder durch Knochenkrankheiten irgendwie beeinflußt sind. Immer spielen rein mechanische Belastungsmomente die ursächliche Hauptrolle.

Ein Blick durch die Literatur zeigt uns, daß schon seit Mitte des vorigen Jahrhunderts über krankhafte Fußveränderungen bei Soldaten, die allein durch Marschieren hervorgerufen sind, geschrieben worden ist. Man sprach damals von Fußschwellungen, Fußgeschwülsten, militärischen Fußödemen u. ä. Als hervorstechendstes Symptom des Krankheitsbildes, dessen Ursache, wie wir heute wissen, in den weitaus meisten Fällen ein reiner Knochenprozeß gewesen ist, wurde immer eine schmerzhafte, teigige Schwellung des Fußrückens beschrieben, über deren Entstehungsgründe die verschiedensten Theorien aufgestellt wurden.

Als erster, der mehr über diese Art von Fußerkrankungen geschrieben hat, muß wohl der Koblenzer Stabsarzt Breithaupt genannt werden, der 1855 mit seinen Schriften an die Oeffentlichkeit trat. Nach Breithaupt lag jenen Geschwülsten eine Entzündung der Sehnen und des tiefer gelegenen Bandapparates zugrunde, welche durch den schlaffen Gang nach langen, ermüdenden Märschen hervorgerufen war. Auch andere Autoren, deren Aufmerksamkeit sich fast ausschließlich den geschwollenen Weichteilen widmete, führten ähnlich wie Breithaupt das Krankheitsbild auf eine entzündliche Genese zurück.

Erst 1877 erschien eine zweite größere Arbeit über die „Fußgeschwulst" von Weißbach. Dieser nahm eine durch langes Gehen hervorgerufene Zerrung und damit verbundene Entzündung der Verbindungsbänder der Mittelflußknochen an, und nannte das Krankheitsbild „Syndesmitis metatarsea".

In der Folgezeit kam dann ein Teil der Autoren insofern der Deutung der Fußschwellung etwas näher, als sie den Sitz derselben in und unter das Periost verlegten. Sie glaubten an einen entzündlichen Vorgang des Periostes, wie auch die beiden französi-

schen Militärärzte Poulet und Pauzat in ihren Arbeiten, die sie 1887 veröffentlichten, von periostalen Prozessen schrieben. Alle genannten Autoren stimmten darin überein, daß die am meisten schmerzempfindliche Stelle des Fußrückens durchweg in der Gegend des 2. und 3. Metatarsalknochens zu suchen sei, und hielten für das Zustandekommen des Krankheitsbildes mehr oder weniger einen entzündlichen Vorgang für verantwortlich. Daß es sich aber um einen Prozeß der Knochen selbst handelte, erkannten sie alle nicht. Diese Erkenntnis blieb den Untersuchungen mittels Röntgenstrahlen vorbehalten, die ja überhaupt viel Licht in das bis dahin in mancher Hinsicht noch dunkle Gebiet der Knochenlehre brachten.

1896 veröffentlichte Oberstabsarzt Schulte in Breslau seine OBeobachtungen bei rund 100 Fällen jener typischen Fußgeschwülste. Durch Untersuchung der geschwollenen Fußgegend mit Röntgenstrahlen kam er zu der Erkenntnis, daß in den meisten Fällen jenen Geschwülsten eine Infraktion oder eine komplette Fraktur mit einer sich anschließenden regelrechten Kallusbildung zugrunde lag. Seine weiteren Forschungen führten ihn zu der Erkenntnis, daß diese Frakturen und Infraktionen die Folgeerscheinungen einer Störung in der Zusammensetzung der Knochensubstanz sein müßten, was dann in der Folgezeit von verschiedenen anderen Stellen, die auf Grund röntgenologischer Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen wie Schulte kamen, bestätigt wurde. Mit Recht wurde von nun an die bis dahin noch allgemein gebräuchliche Bezeichnung der — „Marschgeschwulst" fallen gelassen und nun richtigerweise von einer „Marschfraktur" gesprochen. Eine Fraktur ohne jegliches Zeichen einer vorausgegangenen Beeinflussung durch ein Trauma oder eine spezielle Knochenkrankheit wie Rachitis, Osteomalacie oder dergleichen. Frakturen am gesunden Knochen durch den an und für sich physiologischen Akt des Gehens entstanden.

Seit der Erfassung durch die Röntgenstrahlen sind die Marschfrakturen sehr diskutiert worden; besonders auch in den Kreisen der Militärärzte, da es ja auch durchweg bei Soldaten in Erscheinung tretende Beschwerden waren. Die Bedeutung der Krankheit kam aber erst richtig zur Geltung, als die ersten größeren statistischen Angaben erschienen. So geben z. B. Siebert und Simon in einer Statistik von 1903 bis 1913 die jährlich beim deutschen Heer aufgetretenen Marschfrakturen mit 12000 an.

Ganz überraschend wirkte es, als Eyles, der in der ersten Kriegszeit wöchentlich bis 10 und mehr Fälle beobachtete, auch bei einigen Zivilpersonen eine Marschfraktur diagnostizierte. Wir wissen heute, daß das Vorkommen der Marschfraktur keineswegs auf den Soldatenkreis beschränkt ist, was in den weiteren Ausführungen noch klar zum Ausdruck kommen wird. In der älteren Literatur ist es im ganzen betrachtet aber doch recht wenig, was

über derartige Fälle unter anderem von Schulte, Blecher, Schipmann, Hamann und Eyles geschrieben worden ist. In neuerer Zeit hingegen finden wir öfter Angaben über Marschfrakturen bei Zivilpersonen. So hat z. B. allein Murc Jansen seine Studien bei mehr als 20 Fällen ausführlich beschrieben. Die Tatsache, das Zivilpersonen weniger häufig von dem Leiden befallen werden, findet ihre Erklärung gewiß zum großen Teil darin, daß der Privatmann seinen Fuß bei den ersten Anzeichen des Leidens schonen kann, während ein Soldat trotz beginnender Beschwerden oft noch ansehnlichen Fußstrapazen ausgesetzt ist, und gerade die Schonung im anfänglichen Stadium ist wie wir noch sehen werden von einschneidender Bedeutung.

In der Erforschung der ursächlichen Momente konnte trotz der Menge der zur Untersuchung gelangenden Fälle, besonders auch in den ersten Kriegsjahren, nie eine restlos befriedigende Lösung gefunden werden. Wenn man von kleinen Unterschieden absieht, glichen sich die anamnestischen Angaben der Betroffenen insofern, als es sich stets um das ohne bekannte Veranlassung Auftreten von Schmerzen im Vorderfuß meistens im Anschluß an große Marschleistungen handelte. Die Soldaten kamen dann hinkend zur Untersuchung, hatten aber meistens seit Beginn der Beschwerden noch einige Tage ihren Dienst gemacht. Ihre subjektiven Beschwerden beim Gehen bekämpften sie durch Gewichtsverlagerung in Form von Schiefgehen, wodurch die betroffenen Metatarsalia entlastet wurden. Die ersten Anfänge der Krankheit bekam der Arzt daher fast nie zu sehen. Oft waren die Angaben auch so, daß zwar Gehbeschwerden bestanden hatten, aber ein kleiner Fehltritt in eine Wagenspur, auf einen Stein oder eine andere Unebenheit erst den Schmerz ruckartig so verschlimmert hatte, daß von dem Moment an jegliches Gehen unmöglich war. Die anschließende Untersuchung auf Schmerzempfindlichkeit, die entweder durch Palpation, oder noch besser durch Druck oder Zug an den Zehen geschehen kann, weil bei dieser Methode die Empfindlichkeit der geschwollenen Weichteile fast ausgeschaltet ist, ergab dann in den meisten Fällen einen umschriebenen Schmerzbezirk im obersten Gebiet des 2. und 3. Mittelfußknochens. Das Röntgenbild ließ an diesen Stellen eine Knochenverdickung, in deren Bereich eine mehr oder weniger ausgeprägte Frakturlinie verlief, erkennen. Die sonst bei einer Fraktur üblichen Cardinalsymptome wie abnorme Beweglichkeit, Krepitation usw. fehlten vollkommen, was sich durch die Tatsache erklärt, daß der starke Bandapparat des Fußes, wenn er nicht selbst mitverletzt ist, wie es bei einem Trauma der Fall sein kann, und das nicht mitdurchtrennte Periost jede stärkere Dislokation verhindern. So erklärt es sich auch, daß vor der Röntgenaera vielerlei Diagnosen gestellt wurden, ohne die Möglichkeit einer Fraktur zu berücksichtigen. Jene im Röntg-

genbild sichtbaren Verdickungen am Knochen waren bald außer von Schulte auch von anderen als regelrechtes Callusgewebe erkannt, und im verein mit dem umschriebenen Druckschmerz und dem übrigen Röntgenbefund waren die letzten Zweifel, die gegen eine Fraktur erhoben wurden, beseitigt.

Wenn wir schon jetzt einmal etwas genauer auf die Lokalisation des Bruches eingehen wollen, so stellen wir gleich fest, daß von allen Autoren, die sich etwas näher mit dieser Frage befaßt haben, eine überwiegende Beteiligung des 2. und 3. Mittelfußknochens gefunden worden ist. Hin und wieder sind auch Erscheinungen am 4. beobachtet worden, während der 1. und 5. Mittelfußknochen fast immer unbeteiligt waren. Auch der Sitz der Fraktur an den verschiedenen Knochen ist typischerweise am häufigsten im vorderen Drittel des Knochens gesehen worden, während das mittlere Gebiet und vor allem die proximale Gegend viel seltener beteiligt waren. Sicher spielt hier die verschiedene Dicke des Knochens eine entscheidende Rolle.

Verschieden sind Angaben über eine Mehrbeteiligung des einen oder anderen Fußes. Während z. B. Siebert und Simon in ihrer Statistik eine Mehrbeteiligung des linken Fußes angeben, lassen die Aufzeichnungen der meisten anderen Autoren kaum eine ungleiche Beteiligung der beiden Füße erkennen. Ein ungefähres Bild von der Häufigkeit und der Lokalisation der Marschfrakturen geben aber am besten die Zahlen der vielen Tabellen, von denen ich einige anführen möchte.

So hat z. B. Muscat bei 155 Fällen folgende Einteilung machen können:

Mittelfußknochen	Häufigkeit	Prozentsatz
2.	84 mal	= 54,5 %
3.	57 mal	= 36,8 %
4.	4 mal	= 2,5 %
5.	1 mal	= 0,6 %
2. u. 3.	4 mal	= 2,5 %
3. u. 4.	5 mal	= 3,1 %

Eine zweite Tabelle umfaßt die im Garnisonslazarett zu München seit der Mobilmachung 1914 bis Oktober 1915 zur Beobachtung gekommenen Fälle:

Mittelfußknochen	Häufigkeit	links	rechts
2.	24 mal		
3.	21 mal		
2. u. 3.	4 mal		
4.	6 mal		
5.	2 mal		
gesamt	57 Fälle	28	29

In der dritten Tabelle finden wir von drei verschiedenen Autoren eine Anzahl Fälle zusammengestellt unter besonderer Berücksichtigung der von den Betroffenen gemachten Angaben über die angeblichen Ursachen. Man erkennt sofort, daß bei allen dreien der höchste Prozentsatz außer den gewöhnlichen Marschstrapazen kein besonders auslösendes Moment angeben konnte:

Ursachen	Schulte	Thiele	Kirchner
Gesamtzahl der Fälle	59	55	55
Sprung über Graben	15,2%	16,3%	4%
Umknicken	—	16,3%	4%
Über Stein stolpern	24,7%	7,2%	4%
Marsch auf hartem Boden	—	3,6%	6%
Auf einen Stein treten	—	1,8%	4%
Hinablaufen vom Berg	3,4%	1,8%	4%
Gehen über Sturzacker	20,3%	—	2%
Exerzieren	—	1,8%	—
Gewöhnliches Marschieren	33,9%	38,2%	66%

Die hohen Zahlen dieser Tabellen lassen klar die Bedeutung erkennen, die man dem Krankheitsbild der Marschfraktur beimessen muß. Gewiß spricht für das geradezu phänomenale Anwachsen in der ersten Kriegszeit der Umstand mit, daß viele vollkommen untrainierte Leute plötzlich gewaltigen Marschstrapazen ausgesetzt wurden und dabei in den meisten Fällen durch Ausrüstung und Gepäck, das immerhin bis zu 80 und mehr Pfund betrug, erheblich belastet waren. Daß die starke Mehrbelastung ein die Fraktur begünstigendes Moment ist, leuchtet sehr wohl ein. Herhold versucht diese Tatsache durch Experimente an Metatarsalknochen von Leichen zu kräftigen. Er belastete die Knochen mit Gewichten und kam zu dem Ergebnis, das schon bei 50 Pfund Belastung die Metatarsalia brechen können, während er als Höchstwerte für den 2. 132 Pfund und 118 Pfund für den 3. Mittelfußknochen errechnete. Diese Ergebnisse der Herholdschen Versuche lassen nun nicht 100% auf den Fuß des Lebenden übertragen. Immerhin geben sie aber einen Beitrag über die Tragfestigkeit der Mittelfußknochen schlechthin.

Verfolgen wir einmal weiter die Statistiken, so kommen wir zu der gar nicht verwunderlichen Feststellung, daß bei unserem Hunderttausend-Mann-Heer verhältnismäßig wenig Marschfrakturen zu verzeichnen waren. Es ist dies wohl hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß für unser reduziertes Heer nur besonders Geeignete in Frage kamen, und zudem noch durch eine ausreichende Ausbildungszeit die Möglichkeit gegeben war, durch langsames Steigern der Anforderungen den Körper allmählich mit den höchsten soldatischen Leistungen vertraut zu machen. Hingegen heute, wo in unser wieder großes Volksheer für den Soldatendienst nicht nur

prädestinierte Personen eingestellt werden, wo zudem oft nur eine kurze Ausbildungszeit zur Verfügung steht, und so die Rekruten gleich vom ersten Tag an strengen Fußdienst machen müssen, ist auch entsprechend wieder eine absolute und relative Zunahme der Fußschäden zu verzeichnen, und die Marschfraktur ist wieder mehr in den Vordergrund gerückt, zumal heute ja außer in dem wieder erstarkten Heer noch in anderen Organisationen soldatische Ertüchtigung betrieben wird.

Allein im Dresdener Standortlazarett beobachtete Oberstabsarzt Asal seit Wiedereinführung der Wehrpflicht bis Anfang 1936 159 Marschfrakturen und eine Menge ähnlicher Fußschäden.

Wenn wir uns einmal der Ursachenfrage zuwenden, so müssen wir leider zugeben, daß trotz der vielen Fälle und trotz der Menge der Erörterungen und Experimente die letzten ursächlichen Ergründungen über das Zustandekommen einer Marschfraktur bisher nicht befriedigen konnten. Bevor wir uns dieser Frage mehr widmen wollen, ist es sicher angebracht, einmal auf den normalen Gang des Menschen, dabei insbesondere auf den Fuß und seine vorderen Stützpunkte, auf die es ja in erster Linie ankommt, näher einzugehen, zumal gerade die Ansichten hierüber bis in die neueste Zeit auseinander gehen.

Früher wurden durchweg die Köpfchen der Ossa metatarsalia 1 bis 5 neben dem Fersenbein als die Hauptlastenträger des Fußes angesehen. So vertritt z. B. Henle in seinem Handbuch über die „Knochenlehre des Menschen" diese Ansicht, und ähnlich äußert sich unter anderem Bardeleben in seinem „Lehrbuch der Chirurgie und Operationslehre".

In der Folgezeit trat aber mehr die Anschauung in den Vordergrund, daß gerade beim Gehakt der Innenfluß mehr belastet sei, und somit die Köpfchen der Ossa metatarsalia 2 und 3, die ja funktionsmäßig gewissermaßen eine Einheit darstellen, die Hauptstützpunkte des Vorderfußes seien. Als Vertreter dieser neueren Ansicht wären u. a. Beely, Momburg und Frostell anzuführen. Alle drei begründen ihre Ansicht durch die Ergebnisse der verschiedensten Versuche.

So fiel Beely bei der Betrachtung seiner Stiefelsohlen auf, daß gerade die Stellen am meisten abgenutzt waren, die den Köpfchen des 2. und 3. Mittelfußknochens entsprachen. Auch bei anderen beobachtete er diese Erscheinung, zu deren weiteren Erforschung er von seinen Füßen einige Gipsabgüsse anfertigte. An den Bildern dieser Abgüsse sah er, daß die Köpfchen des 2. und 3. Mittelfußknochens am tiefsten standen, woraus er folgerte, daß diese Stellen die am meisten belasteten seien.

Momberg machte ähnliche Versuche, indem er Männer über frisch gegrabene und glatt gestrichene Erde barfuß gehen ließ und

deren Spuren mit Gips ausgoß. Auch diese Ausgüsse ließen im Profil einen tieferen Stand der Stellen erkennen, die den Köpfchen des II. und III. Mittelfußknochens entsprachen. Auf Grund dieser Tatsachen schloß sich Momburg der Anschauung Beelys an, und auch Frostell kam nach seinen etwas komplizierten Versuchen zu dem Schluß, daß der II. und III. Mittelfußknochen die Hauptstütze des Vorderfußes sind, während die anderen mehr als Seitenstützen dienen.

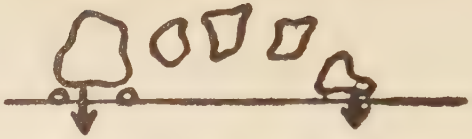
Die Versuche der genannten drei Autoren sind gewiß dazu angetan, die alte Lehre von den Stützpunkten des vorderen Fußgewölbes als falsch erscheinen zu lassen. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß gerade in der neueren Zeit auch eine größere Gruppe von Autoren wieder mehr zu der alten Lehre neigt. Es sind da an erster Stelle Blecher, Fick und Seitz zu nennen, wovon letzterer prinzipiell dieselben Versuche wie Momburg machte, und eigentümlicherweise zu ganz entgegengesetzten Ergebnissen kam.

Am richtigsten scheinen aber wohl jene Ansichten zu sein, wonach die am meisten belasteten Stellen des Vorderfußes garnicht konstant anzugeben sind, sondern daß die Art der Beanspruchung hier eine entscheidende Rolle spielt. Schon Virchow stützt diese Auffassung, indem er den verschiedenartigen Bau des Fußskelettes der farbigen Rassen durch den ganz anderen Gebrauch erklärt.

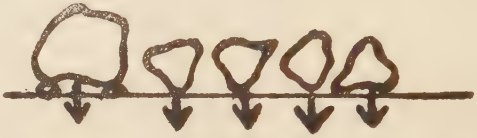
Staudinger, der mit ganz neuartigen Meßmethoden die Untersuchung der Stützpunkte vornahm, kam ebenfalls zu der Ansicht, daß die verschiedenartige Beanspruchung entscheidend ist.

Als dritten Vertreter dieser Anschauung möchte ich vor allem Professor Hohmann erwähnen, der in seinem 1934 erschienenen Buch „Erkrankung von Fuß und Bein“ in anschaulicher Weise auf dies Thema eingegangen ist. Nach Hohmann hat der normale Standfuß seine Hauptstützpunkte zwar im Fersenbein und in den Köpfchen der Ossa metatarsalia I und V, was sich aber sofort ändert, wenn beim Abwickeln des Fußes oder auch bei der sogenannten „militärischen Stellung“ das Körpergewicht mehr nach vorn verlagert wird, und nun der Druck von oben auf das vordere Fußgewölbe sich entsprechend steigert. Der Senkungsgrad des Gewölbes ist nun beträchtlich verringert, und die mittleren Metatarsalia sind jetzt ebenfalls dem Bodendruck ausgesetzt. Wenn noch eine durch starke Anstrengung oder durch eine große Marschleistung bedingte Ermüdung und Erschlaffung des Muskel- und Bandapparates, der doch in nicht zu unterschätzenderweise das Gewölbe sonst stützt, hinzukommt, so leuchtet sehr wohl ein, daß nun der Vorderfuß im Sinne eines Spreizfußes vollkommen abgeflacht ist, und dementsprechend jetzt alle Mittelfußknochen in gleicherweise dem Bodendruck ausgesetzt sind. Hohmann versucht diese Tatsache durch folgende grob schematische Zeichnung zu erläutern:

Schema 1: Querschnitt des Metatarsalbogens bei normalem Standfuß:



Schema 2: Metatarsalbogen nach Senkung des Vordergewölbes (Spreizfuß):



Bodendruck

Ich bin kurz auf einige der verschiedenen Theorien über die vorderen Stützpunkte des Fußes eingegangen, weil nicht nur diese Frage später noch von Bedeutung sein wird, wenn wir die bevorzugte Lokalisation des Bruches am 2. und 3. Mittelfußknochen behandeln werden, sondern weil bis vor ungefähr 15 Jahren die Erklärungsversuche für das Zustandekommen einer indirekten Mittelfußfraktur in erster Linie unter diesem Gesichtswinkel in Angriff genommen wurden, während wir heute wohl mit Recht die größte Bedeutung der veränderten Struktur des Knochengewebes und der dieselbe begleitenden Aenderung der Knochenfestigkeit beimessen.

Wir wissen seit Pommer, daß der Knochen trotz seines starren Erscheinens, gemäß seiner Hauptfunktion als Stützorgan, während des ganzen Lebens in einem ständigen Gewebsumbau begriffen ist. Dauernd findet eine Apposition und Resorption von Knochengewebe statt. Eine Knochenatrophie beruht keineswegs immer auf eine zu starke Resorption allein. Die Hemmung der Apposition spielt sicher eine ebenso große Rolle bei einem derartigen Vorgang. Es erklärt sich die senile Knochenatrophie z. B. so, daß die immer mehr erlahmende Apposition die physiologische Resorption nicht mehr ausgleicht.

Wenn wir so vom menschlichen Knochen schlechthin sprechen, meinen wir in erster Linie den Knochen des Erwachsenen, den Lamellenknochen. Wir unterscheiden auf Grund histologischer Untersuchungen von diesem Lamellenknochen den sogen. geflechtartigen, fibrillären Knochen. Letzteren finden wir postembryonal in größeren Mengen nur unter pathologischen Verhältnissen, wie bei fast allen Knochenkrankheiten und namentlich auch im knöchernen Callus. Beide Knochenarten besitzen eine Reaktionsfähigkeit auf äußere Einflüsse, auf Grund welcher sich der Knochen durch Ab-

bau und Neuaufbau den verschiedenen Belastungsansprüchen anpaßt. Die Träger dieser Fähigkeit des Knochens sind Zellen, die Osteoblasten und Osteoklasten. Erstere bauen an Stellen im Knochen, die gereizt werden, auf, während die Osteoklasten nicht gereizte, d. h. nicht benutzte Gebiete abbauen. Man könnte also wie auch Braus in seinem Buch „Anatomie des Menschen" schreibt, gemäß dieser Erkenntnis „ein Schema einer rein mechanischen Steuerung aufstellen, welche im Groben und Feinen kraft dieser Eigenschaft ihrer Zellen die Bildung der Knochen so leitet, wie es die Beanspruchung ergibt." Nun muß man aber berücksichtigen, daß die Knochenzellen, wenn der Knochen nicht wie normalerweise über die Gelenkflächen belastet wird, sondern Druckkräfte gleich auf die periostale Oberfläche des Knochenschaftes angreifen, ganz anders reagieren und zwar genau umgekehrt. Druckreize bewirken in diesem Fall Knochenabbau, was durch die Resorptionsherde im Knochen bewiesen ist, die auf Grund des Druckes durch ein Aneurysma oder eines Tumors entstehen. Es ist weiterhin durch zahlreiche Beobachtungen und die Ergebnisse vieler Versuche genügend klar gelegt, das allgemein mechanischen Reize nicht nur den Knochen strukturell umbauen, und ihn der geänderten Beanspruchung anpassen, sondern ihn auch, wenn sie eine gewisse Sträkeschwelle überschreiten und lange genug andauern, zum Verschwinden bringen können, und anschließend eine Neubildung von zunächst geflechtartigem Knochen einleiten.

Looser ist bereits 1920 näher auf dieses Thema eingegangen. Er sprach von lokalen Umbauherden, schleichender Callusbildung ohne jedes Zeichen einer Fraktur, und prägte den Ausdruck der „Umbauzonen". Er fand bei seinen Beobachtungen, die er allerdings durchweg bei rachitisch und osteomalacisch veränderten Knochen anstellte, im Röntgenbild gewisse Aufhellungszonen immer typischerweise an den Stellen der größten mechanischen Reizung. Hörten die mechanischen Belastungsmomente auf, so verschwanden jene Aufhellungen im Röntgenbild, die Looser daraufhin als lokale Resorptionsherde auf Grund mechanischer Insulte auffaßte.

Wie gesagt, stammen die Looser'schen Beobachtungen von krankhaft veränderten Knochen. Daß aber auch an vollkommen gesunden Knochen Umbauzonen entstehen können, ist wohl erst etliche Jahre nach den ersten Veröffentlichungen von Looser erkannt worden. Man muß da in jüngster Zeit Baetzner mit seinem neuartigen Begriff der „Pathologie der Funktionen" vor allem erwähnen. Aber auch viele andere haben eine Menge Experimente angestllt, um nähere Aufklärung über mechanisch bedingte Umbildungsprozesse am gesunden Knochen zu schaffen. Ich halte es durchaus für lohnend, auf einige derartige Untersuchungen und ihre Ergebnisse einzugehen.

So stellte Martin durch Tierversuche fest, daß bei einer Fraktur oder einem ähnlichen Defekt des einen Unterarmknochens

fast regelmäßig an dem benachbarten Parallelknochen des Unterarms nach Auftreten einer Aufhellungszone eine Pseudarthrose entstand. M. betrachtete diese Erscheinung als sogenannten „sympathischen Knochenschwund". Gewissermaßen geht nach dieser Ansicht Martins von dem defekten Knochen eine „Noxe" aus, die am Parallelknochen die entsprechende Veränderung auslöst.

Aehnliche Tierversuche wie Martin machten auch Lexer und W. Müller.

Die Feststellung Müllers, daß in dem Fall, wo er bei einem Hund ein Stück der Ulna resezierte, der Radius nie eine entsprechende Veränderung zeigte wie im umgekehrten Fall der Radiusbeschädigung die Ulna, ist sicher sehr bedeutend. Dadurch ist an und für sich wohl bewiesen, daß für das jeweilige Zustandekommen einer Veränderung am Parallelknochen nur mechanische Momente in Frage kommen; denn im Fall der Ulnaschädigung ist die Mehrbelastung für den viel stärker gebauten Radius lange nicht so erheblich wie im Fall einer Radiusschädigung für die schwächere Ulna. Im Verlauf seiner Versuche sah Müller durchschnittlich nach sechs bis sieben Wochen eine Veränderung in Form einer Verschleierung der Struktur des Knochens und einer Verdichtung durch periostale Anlagerungen callusartiger Massen auftreten. Im dritten bis vierten Monat trat dann an der Ulna entsprechend der Radiusschädigung im Röntgenbild ein regelrechter Schatten auf, wie er fast genau so durch den Callus bei einer Fraktur hervorgerufen wird. Ein weiterer lehrreicher Versuch ist der, wo Müller bei einem jugendlichen Tier eine Extremität durch Einnähen vollkommen ruhig stellte und so jede Möglichkeit einer Belastung ausschloß. Schon nach drei Wochen konnte er an der belasteten Extremität eine doppelt so große Epiphysenlinie beobachten wie an der ruhig gestellten Extremität, die weiterhin eine scharf getrennte Knorpel-Knochengrenze im Gegensatz zu der anderen Seite aufwies. Aus den Ergebnissen dieser angeführten Versuche schloß Müller, daß einmal mechanische Reize durchaus befähigt sind, am gesunden Knochen Umbauzonen im Sinne Looser's hervorzurufen, und zum anderen, daß es gerade auch das junge, wachsende Gewebe ist, welches im Sinne einer Hemmung der enchondralen Ossifikation erheblich beeinflußt wird.

Gemäß den Erkenntnissen seiner vielen Versuche, nahm Müller auch eine besondere Stellung zu der damals sehr akuten „Deutschländer'schen Krankheit" ein. Man versteht darunter ein von Deutschländer zuerst beschriebenes Fußleiden, das häufig Frauen im mittleren Alter betrifft, die in Besonderheit ihres Berufes als Krankenschwester, Haushälterin usw. viel gehen und stehen müssen. Mehr oder weniger plötzlich werden diese Frauen von einem heftigen Schmerzgefühl in der Gegend des Fußrückens befallen,

ohne daß sich irgend ein Trauma nachweisen läßt. Typischerweise lassen sich auch hier die Schmerzherde in den meisten Fällen in der Gegend des II. und III. Mittelfußknochens näher lokalisieren.

Während nun Deutschländer für dieses Krankheitsbild mehr eine entzündliche Genese aufstellte, weil er zufällig bei einigen Fällen Temperaturen von etwas über 38° beobachtete, wurden seine Erklärungsversuche bald von den verschiedensten Seiten angegriffen und auch Müller ging gegen die Entzündungstheorie Deutschländers an, und machte seinerseits nur mechanische Momente für die Krankheit verantwortlich, die er als die Folge einer durch langes Gehen und Stehen verursachten Insuffizienz der Fußknochen gegenüber den gestellten Anforderungen ansprach. Dieser insuffiziente Knochen reagiert nach Müller genau so, wie in seinem Tierexperiment die Ulna bei Schädigung des Radius auf die mechanische Ueberbelastung mit einem Umbaugebiet und den dazu gehörigen Erscheinungen antwortet.

Man kann nun sicher von dieser erwähnten Deutschländer'schen Krankheit eine Parallele zu dem Krankheitsbild der Marschfraktur ziehen, als es sich hierbei wohl auch um eine Insuffizienz des Knochengewebes mit ihren Folgeerscheinungen gegenüber den gestellten Anforderungen handelt. Eine durchaus berechtigte Auffassung, wie sich gerade in den letzten Jahren durch die Veröffentlichungen verschiedener Autoren erwiesen hat.

So hält ebenfalls Momberg die Verdickungen der Metatarsalknochen bei der Marschfraktur für identisch mit den beschriebenen Knochenverdickungen in den Müller'schen Tierversuchen. Er vergleicht den durch dauernde mechanische Insulte insuffizient gewordenen Knochen mit einem elastischen Stab, der, wenn seine Elastizität dauernd voll ausgenutzt wird, dieselbe bald ganz einbüßt. So wird auch der Knochen durch andauernde höchste Beanspruchung allmählich unelastisch und spröde, und dann genügt in vielen Fällen schon das Körpergewicht, um ihn zu infrakturieren oder gar komplett zu frakturieren.

Ob nun tatsächlich die Elastizität durch Ermüdung abnimmt, ist wohl bisher nicht bewiesen. Aber eine gewisse Berechtigung bekommt der Momburg'sche Vergleich immerhin, wenn man den ganzen Fuß mit seinem Bandapparat als funktionelle Einheit betrachtet, worauf wir noch zu sprechen kommen. Momburg beobachtete weiter im Röntgenbild vollkommen beschwerdefreier Füße jene Knochenverdickungen durch periostale Auflagerungen, die jedesmal prompt verschwanden, wenn die Fußstrapazen nachließen. In solchen Fällen besteht das Leiden an sich schon, ohne daß aber der Betreffende Kenntnis davon hat. Erst weitere mechanische Insulte, oder ein kleiner Fehltritt, die ein gesunder Knochen sicher folgenfrei überstehen würde, lassen den durch lange Erschöpfung schon weitgehendst veränderten Knochen einen Schaden erleiden

und spontan schmerzhaft werden. Darum ist eben die Anzahl der bei Zivilisten vorkommenden Marschfrakturen viel kleiner, weil der Privatmann seinen Fuß, der sicher auch mal infolge zu starker Beanspruchung eine Strukturveränderung erleidet, durch anschließende Ruhe die Möglichkeit einer Erholung geben kann.

Aehnlich wie Momburg äußert sich auch Henschen (Basel) auf dem Chirurgenkongreß 1932. Er stützt seine Auffassung auf spektralanalytische Röntgenuntersuchungen des Knochengewebes, und auch nach seiner Meinung sind es nur mechanische Ursachen, durch die ein zu stark belasteter Knochen, wenn er nicht genügend Zeit zur „Resynthese" hat, frakturlos deformiert wird, oder bei kurzer hoher Ueberanstrengung an der Stelle, wo die Struktur am meisten aufgelockert ist, eine Fraktur oder einen ähnlichen Schaden erleidet. Henschen vergleicht diesen durch die Strukturveränderung bedingten Zustand des Knochens mit den Erscheinungen, die sich bei den mit Resorption einhergehenden Knochenkrankheiten wie Rachitis, Osteomalacie und Hungerosteopathie bieten, wobei durch Resorption des festen lamellären Knochens das Knochengefüge so verändert ist, daß bei genannten Fällen schon die kleinsten mechanischen Belastungen genügen, um zu einem sogenannten „Erschöpfungsbruch" zu führen.

Betreffs der Marschfrakturen interessieren nun ja nur die Veränderungen am nicht krankhaft veränderten Knochen. So hat Wachsmuth einmal zwei Jahre lang alle Fälle von Metatarsalfrakturen, bei denen nicht die geringste Disposition vorlag, besonders beobachtet. Bei allen war unter anderem der Ca-Gehalt im Blut normal. Auf Grund seiner Erfahrungen betrachtet Wachsmuth die Marschfraktur als ein in Besonderheit des militärischen Dienstes häufig auftretenden Ueberlastungsschaden, der dann hauptsächlich in Erscheinung tritt, wenn ein nicht entsprechend langsam einsetzendes Training dem Knochen die Möglichkeit verweigert, sich den neuen Funktionen durch einen strukturellen Umbau anzupassen.

Neu sind jene Hinweise von Wachsmuth, wonach die Marschfrakturen im Rahmen der Ueberlastungsschäden keineswegs auf den Fuß beschränkt sind, wenn auch die Mittelfußfraktur, die Marschfraktur im engeren Sinne, den weitaus größten Anteil stellt. Nach Wachsmuths Aufzeichnungen kommen derartige Schäden bei Militär der Häufigkeit nach in folgender Reihenfolge vor: Mittelfußknochen, Schienbein im oberen Drittel, Wadenbein an der Grenze zwischen oberen und mittlerem Drittel, Oberschenkel im unteren Drittel, Schenkelhals, Fersenbein und am Becken zwischen absteigenden Schambeinast und Sitzbein. Was den Schienbeinschaden angeht, so sah W. den vorwiegend bei Infanteristen, die im Exerziermarsch ausgebildet wurden. Bei dieser Uebung wird bekanntlich mit steif gestrecktem Bein vorgeschritten. Jedesmal, wenn nun

der Fuß aufsetzt, hat die Gegend um das Kniegelenk herum sicher einen viel heftigeren Stoßdruck auszuhalten, als in dem Fall, wo das funktionierende Kniegelenk den Stoß in etwa abfedert. Den eventuell entstehenden Knochenschaden werden wir da aufsuchen, wo die wirksame Kraft am größten und der Knochen am anfälligsten ist. Im speziellen Fall des Schienbeinschadens dementsprechend an der Knochenverjüngungsstelle unterhalb des Schienbeinkopfes. Zur Bestätigung dieser neuen Beobachtungen führt Wachsmuth zwei sehr eindrucksvolle Fälle an.

Fall 1: Marschfraktur am Schienbein:

Ein 21 jähriger Rekrut, welcher am 28. 10. 35 bei der Infanterie eingestellt wurde, hatte bereits nach wenigen Wochen nach dem Exerzieren unter heftigen Schmerzen an der Außenseite beider Unterschenkel zu leiden. Er wurde daraufhin im Revier mit Einreibungen behandelt und begann nach dem Weihnachtsurlaub Anfang Januar wieder mit dem Fußdienst. Aber schon nach wenigen Tagen verspürte er wieder heftige Schmerzen, die besonders im Anschluß an Exerzierübungen sich enorm steigerten. Am 4. 2. 36 brach er bei plötzlichem „Halt" zusammen. Die Untersuchung ergab einen frischen Schienbeinbruch links handbreit unter dem Schienbeinkopf. Ferner konnte man unmittelbar oberhalb des frischen Bruches einen älteren, mit reichlich Callus verheilten Bruch des Wadenbeins feststellen. Einen früheren Unfall stritt der Kranke entschieden ab, sodaß man den älteren Bruch offensichtlich mit den kurz nach dem Eintritt aufgetretenen Beschwerden in Zusammenhang bringen mußte. Die Schmerzen waren anfangs auf beiden Seiten aufgetreten, und eine Kontrollaufnahme des rechten Beins ließ hier ganz symmetrisch den Prozeß einer schleichenden Fraktur erkennen. Bei dem Kranken lag keine besondere Disposition vor, was der sonst vollkommen einwandfreie Befund der sorgfältig vorgenommenen Allgemeinuntersuchung ergab.

Fall 2: Marschfraktur am Oberschenkel:

Hierbei handelt es sich ebenfalls um einen 21 jährigen Rekruten der Infanterie, der am 1. 11. 35 eingetreten war. Schon Anfang Dezember spürte er Schmerzen im linken Oberschenkel, die bis ins Knie ausstrahlten. Während dieselben bei Ruhe vollkommen verschwanden, verstärkten sie sich erheblich beim Exerziermarsch. Am 16. 12. brach Pat. im Anschluß an Exerzierübungen unter schlagartigem Einsetzen heftiger Schmerzen zusammen. Die anschließende Untersuchung ergab einen kompletten Bruch im unteren Teil des linken Oberschenkels.

Bezüglich der Frage der Lokalisation verdienen nach Wachsmuth ferner die Ansatzstellen der Muskeln eine Berücksichtigung, was er durch drei gleichartige Fälle am absteigenden Schambeinast erwiesen hält, weil hierbei weniger eine direkte mechanische

Einwirkung in Frage kommt, als vielmehr die Zugwirkung der Muskeln, die in den erwähnten Fällen wohl durch spezielle Uebungen besonders in Anspruch genommen waren.

Eine Menge Untersuchungen stellte auch Stabsarzt Scherf an, die sich besonders auf Veränderungen am Wadenbein bezogen, welche er bei einer ganz bestimmten Gruppe von Soldaten bemerkte, die sich eine längere Zeit lang vorwiegend mit der Uebung des sogenannten „Hüpfens" befaßt hatte. Von allen Betroffenen wurden die gleichen anamnestischen Angaben gemacht, nach denen sie plötzlich, während sie noch mit der Uebung beschäftigt waren, von einem derart heftigen Schmerz im Wadenbein befallen wurden, daß sie sich krankmelden mußten. In allen Fällen ergab das Röntgenbild einen pathologischen Befund. An der Grenze zwischen oberen und mittlerem Drittel befand sich ein als Frakturlinie zu deutender Spalt, dessen breitester Teil nach hinten außen lag, was dem Scheitel der bei der erwähnten Uebung des „Hüpfens" besonders nach hinten und außen konvex durchgebogenen Fibula entspricht. Nach einigen Wochen zeigte das Röntgenbild in allen Fällen die deutliche Bildung eines periostalen Callus, wie wir bei richtigen Frakturen ihn anzufinden gewohnt sind.

Analog diesen von Scherf beschriebenen Veränderungen sind in der neuesten Literatur einige Fälle von Callusbildungen am Oberschenkel beschrieben worden. Und zwar handelt es sich dabei ebenfalls um eine Reihe Soldaten einer bestimmten Batterie, welche durch besondere Uebungen den Oberschenkel bzw. die dort angreifende Muskulatur enorm strapazierten.

Bei einem von Asal beschriebenen Fall, wo ein Rekrut wegen Schmerzen im Oberschenkel eine gewisse Zeit Bettruhe verordnet bekommen hatte, kam es in dem Moment zu einer Spontanfraktur des Oberschenkels im unteren Drittel, als er einmal aufstand und durch Ausgleiten eine etwas falsche Bewegung mit dem Bein machte. Der Röntgenbefund zeigte einen durchgehenden Bruch im Bereich eines schon weit entwickelten Callusgebietes. Es handelte sich auch hier sicher um eine Spontanfraktur auf dem Boden einer Knochenveränderung durch Ueberlastungsmomente. Die Konsolidierung ging in dem Fall sehr rasch vor sich, was sich durch die angebahnten Heilungsvorgänge auf Grund des schon vorhanden gewesenen Callus erklärt. Auf keinen Fall hat es sich aber auch hier um einen durch Krankheit besonders disponierten Knochen gehandelt, der sicher nicht so prompt und schnell geheilt wäre.

Sehr aufschlußreich sind auch die umfangreichen Ausführungen Baetzners über „Sport- und Arbeitsschäden", die größtenteils mit den bisherigen Ausführungen in Einklang zu bringen sind. Baetzner hat unter anderem seine Feststellungen über derartige Umbaugebiete im Knochen, jene im Röntgenbild schleichend sichtbar werdenden Aufhellungszonen mit den Zeichen einer

Fraktur, auch an der Patella und an der Wirbelsäule treffen können. Die Veränderungen an diesen Stellen führt er hauptsächlich auf die Wirkung des Muskel- und Sehnenapparates zurück; denn z. B. bei den Schäden an Wirbelkörpern, die er bei Trapezkünstlern feststellte, deren Hauptübungen Hängen und Schwingen am Trapez waren, kommen wohl nur die Muskelzugwirkungen in Frage. Diese Fälle Baetzners unterstreichen noch einmal die von Wachsmuth vertretene Ansicht, nach der bei der Frage der Lokalisation die Muskelwirkung unbedingt eine Berücksichtigung verdient. Der röntgenologische Befund dieser letzten Fälle, wie auch die von Baetzner gemachten Befunde an den Handwurzelknochen von Sportlern, die für die Olympiade 1928 Fall- und Liegestützübungen trainierten, decken sich nach seiner Ansicht vollkommen mit den im Röntgenbild sichtbaren Erscheinungen einer Marschfraktur. Nach Baetzner handelt es sich bei all den Dingen wohl um eine reaktive Gewebsveränderung in Folge einer gesteigerten und übersteigertn funktionsmechanischen Beanspruchung, wobei der normale An- und Abbau gestört und somit die allgemeine strukturelle Anpassung herabgesetzt ist. Wenn dann wie bei einer einmal zu stark in Anspruch genommenen Maschine nicht die nötige Erholungspause eintritt, entsteht genau so am Knochengewebe ein entsprechender Materialschaden. Wir sehen dann die „pathologisch-destruktive" Wirkung einer wohl erhöhten aber keineswegs unphysiologischen Funktionsbeanspruchung, was sich einmal durch die meist schnell und komplikationslos vor sich gehenden Heilung erklärt, und zum anderen dadurch, daß jedesmal dann, wenn bei beginnenden Anzeichen eines Schadens jede weitere Betätigung sofort untersagt wurde, die Erscheinungen überhaupt ohne jede Therapie zurückgingen. Nach Baetzner besitzt das „mechanische" Gewebe allgemein eine produktive und eine degenerative Reaktionsform, die beide vom Normalen abweichen, wenn sie in Folge eines Mißverhältnisses zwischen Gewebskraft und Gewebsbeanspruchung eine gewisse Grenze überschreiten. Nicht nur durch Ruhe, sondern unter entsprechenden Verhältnissen kann daher auch durch die Funktion eine Gewebsatrophie ausgelöst werden. Dem Begriff der „Inaktivitätsatrophie" setzt er den der „Aktivitätsatrophie" gegenüber und gelangt damit in Gegensatz zu der alten Lehre von Roux, wonach eine Knochenatrophie immer durch Ruhe bedingt ist. Zumindest Zbedeuten diese Theorien von Baetzner, die im übrigen auch von anderen Autoren vertreten werden, so z. B. auch von Henschen auf Grund seiner Beobachtungen bei englischen Kricketspielern, eine Revidierung und Erweiterung der alten Roux'schen Lehre.

Zusammenfassend können wir nach den gemachten Ausführungen nun schon sagen, daß es bestimmt ein mechanisches Agens ist, durch welches die Elemente des Stützgewebes eines sonst in keiner Weise besonders disponierten Knochens eine Veränderung in Hin-

sicht ihrer Struktur und ihres Gefügezusammenhanges erleiden können, als deren Folgen dann die verschiedenen Zustände eines Ueberlastungsschadens, in unserem speziellen Fall einer Marschfraktur in Erscheinung treten können. Die Hauptforschungstätigkeit hat sich nach dieser Erkenntnis nun auf die Art der kleinsten Elemente des Stützgewebes als solche, wie auf die Veränderung derselben durch das mechanische Agens zu erstrecken. Entsprechend sind seit einigen Jahren von verschiedenen Seiten Untersuchungen angestellt worden, deren Ergebnisse leider bis heute keinen restlosen Erfolg gezeitigt haben, was sich vorwiegend durch die Schwierigkeit der Untersuchungsmethoden an sich erklärt.

Nach Rösle handelt es sich um molekulare Vorgänge, die histologisch garnicht zu erfassen sind.

Sehr viel Erfahrung sammelte Henschen auf diesem Gebiet, indem er mit Hilfe der Röntgenstrahlen sogenannte „kristallogene" Untersuchungen vornahm. Er fand, daß sich sowohl im organischen Baugebiet des Knochens wie auch in der Struktur der anorganischen Kristalle „gerichtete Kräfte" betätigen. Das heißt, daß je nach der Art der Funktionsbeanspruchung sich vor allem die Kristalle der Knochenmineralien unter „Gleitung auf verschiedene Ebenen" verschieben. Gelangt diese Gleitung in ein unversehrtes Kristallgebiet, so wird nach Henschen „diese Gleitdeformation innerlich abgeriegelt", was die Knochenverfestigung durch ein langsam gesteigertes Training erklärt. In diesem Fall hat das Kristallgefüge rein zeitlich gesehen die Möglichkeit, sich in einer der neuen Funktion entsprechenden Lage umzubauen. Wenn im anderen Fall diese Möglichkeit nicht besteht, und z. B. durch eine zu starke Belastung oder durch ein zu schnelles Aufeinanderfolgen der mechanischen Insulte „die Gleitdeformation entgleist", wie sich Henschen ausdrückt, dann lösen sich die überlasteten Kristalle auf, und es entsteht die sogenannte „Ueberlastungsosteolyse". Diese Auflösungsphase ist nach Henschen das einleitende Moment für den Erschöpfungsbruch und alle ähnlichen Schäden. Die Fraktur mit ihren Begleiterscheinungen ist demnach erst die sekundäre Folge dieser Materialverschlechterung. Wie in gesunden Tagen die abgenutzten und fehlerhaft gewordenen Kristalle sich auflösen und weggeräumt werden müssen, um neuem widerstandsfähigerem Material Platz zu machen, so vollziehen sich auch gerade am mehr belasteten Knochen diese Prozesse in gesteigertem Maße. Je mehr das Gewebe schon durch andauernde Ermüdung geschädigt ist, umso schlechter geschieht natürlich die Wegräumung des alten und die Ausfüllung durch neues Material, bis letzten Endes ganz unzureichende Ersatzstoffe angelagert werden. Genau so wie einem wachsenden Callus die nötige Zeit zur chemisch physikalischen Reifung gewährt werden muß, damit es nicht zu einer Refraktur

kommt, beanspruchen auch jene Umkristallisierungszonen eine gewisse Zeit zur Reifung.

Diese Auffassung sehr stützend sind auch die weiteren Theorien Baetzners. Er vergleicht den Knochen mit einem Stein, dessen Strukturgefüge die Natur zweckentsprechend richtet oder ordnet. So gibt es auch für das Knochengewebe eine bestimmte, durch die Funktion geformte Ordnung und Richtung. Jede spezielle Beanspruchung ordnet die Strukturelemente in eine entsprechende Richtung, wodurch das Gewebe für andere Richtungen umso insuffizienter wird. „Wenn ein Leichtathlet z. B. seine Kraftlinien in eine bestimmt gerichtete Ebene bringt, um eine besondere Höchstleistung zu vollbringen, vermeidet er scharf jedes anders gestaltende Training". Das ist auch nach Baetzner der große Nachteil einer einseitigen funktionsmechanischen Beanspruchung, weil mit dem auf eine ganz bestimmte Richtung eingestellten Kristallgefüge eine Schwächung aller anderen Richtungsfelder einhergeht, und dann eine schon ganz geringe Fehlbewegung, eine nicht dem Kraftlinienfeld entsprechende Bewegung, eine Schädigung des Knochengewebes herbeiführen kann.

Entsprechend diesen etwas allgemeineren Ausführungen von Henschen und Baetzner hat der Dresdener Oberstabsarzt Asal auf Grund eines umfangreichen Beobachtungsmaterials für die Marschfraktur die gleichen Grundsätze aufgestellt und auch auf dem Chirurgenkongreß 1936 seine Ansichten vorgetragen. Auch Asals Meinung geht dahin, daß man die letzten ursächlichen Ergründungen für das Zustandekommen einer Marschfraktur am anorganischen Gewebe des Knochnes ansetzen muß. „Wie bei einer frisch in Betrieb genommenen Maschine kommt es auch im strukturellen Feinbau des Knochens unter starker und langer Beanspruchung zu einer Auflockerung und Gleitlinienbildung im kristalloiden System. Die Kristalle werden letzten Endes zerstört und mit der Zerstörung geht eine Resistenzverminderung einher, die zu einer Fraktur oder Infraktur überleitet." Jetzt erst entsteht im Anschluß an diese primäre Fissur nach Asal eine Umbauzone im Sinne Loosers, mit welcher Auffassung er ebenfalls in Gegensatz zu den Ansichten tritt, wonach die Fraktur die Sekundärerscheinung im Anschluß an eine primäre Umbauzone ist. Daß in vielen Fällen zunächst im Röntgenbild ein Umbaugebiet sichtbar wird, erklärt Asal damit, daß die primäre Fissur oft sehr klein ist, und erst mit der Weiterentwicklung des ganzen Umbaugebietes sichtbar wird. Looser selbst hat nach Asal seine Umbauzone als Sekundärerscheinung aufgefaßt, was er dadurch bewiesen hält, daß nach Looser jene Umbaugebiete aus peri- und endostalem Callus bestehen. Die Tatsache, daß die Marschfraktur am häufigsten junge, neu eingestellte Rekruten befällt, ist weiterhin ein guter Beweis dafür, daß derartige Frakturschäden als Folge von Ueberlastungsmomenten

nicht immer das Endresultat eines langsamen, schleichenden Prozesses sein müssen.

Wenn wir nun nach diesen verschiedenen Darlegungen über die letzten ursächlichen Momente eines derartigen Belastungsschadens versuchen, eine für das Zustandekommen einer Marschfraktur am meisten gerechtfertigte Theorie aufzustellen, ist es wohl am richtigsten, wenn wir uns der von Henschen, Asal, Baetzner und auch darüber hinaus noch von anderen vertretenen Anschauungen anschließen, wonach die primären Aenderungen im anorganischen Teil des submikroskopischen Knochenfeinbaues ihren Ursprung nehmen. Durch das plötzliche Einsetzen von Marschstrapazen oder sonstigen außergewöhnlichen Belastungen wird das anorganische Knochengewebe gewissermaßen aus dem Gleichgewicht gebracht. Um das entstandene Mißverhältnis von Leistungsfähigkeit und Beanspruchung zu beseitigen, versucht nun das Gewebe durch einen strukturellen Umbau, der sich anfangs lediglich in den Mineralien des Knochengewebes abspielt, sich den neuen Anforderungen anzugleichen, was ihm bis zu einer gewissen Grenze sicher gelingt, wenn durch genügend langsames Steigern der neuen Funktionsbeanspruchung die erforderliche Zeit zur strukturellen Neuformung gegeben ist, d. h., daß in diesen Fällen sich die Kristalle der Knochenmineralien so in dem Gewebsgerüst umgelagert haben, daß eine Aenderung der Druck- und Zugfestigkeit entsprechend der neuen Beanspruchung hergestellt ist. Im anderen Fall, wenn durch pausenlose, starke Beanspruchungsinsulte diese Möglichkeit nicht gegeben ist, und der Knochen gerade in dem Moment, wo er durch Auflösung des alten lamellären Knochens eine Neugestaltung des Gewebsgefüges einleitet, weiter von mechanischen Stößen getroffen wird, erleidet er eben einen Schaden im Sinne einer Infraktion oder gar einer kompletten Fraktur, deren weiterer Verlauf dann derselbe ist, wie sonst bei einer Fraktur. In diesen Fällen ist dann wohl die alte, nicht mehr ausreichende Gewebsform schon zerstört, um einem Neuaufbau Platz zu machen, der aber seinerseits nicht vollzogen werden kann, weil die andauernden Beanspruchungen es verhindern. Dieser kritische Zeitpunkt, wo die alte Form bereits zerstört, die neue hingegen noch nicht vollendet ist, bedeutet für das Gewebe die anfälligste Phase, während der es schon durch garnicht mal unphysiologische Funktionsbeanspruchungen geschädigt werden kann.

Gehen wir nun einmal auf die bevorzugte Lokalisation des Bruches an den Ossa metatarsalia II und III näher ein, so können wir dafür unter Berücksichtigung der früher angestellten Betrachtungen über den Fuß und seine vorderen Stützpunkte folgendes ausführen:

Betrachten wir einmal gemäß seines Gebrauches als Geh- und Stehwerkzeug den Fuß als funktionelles Ganzes, so fällt uns gleich

seine Gewölbeform ins Auge, die in erster Linie durch die verschiedenen Muskelzüge und den reichhaltigen Bandapparat bedingt ist. Entsprechend der alten Lehre von Virchow hat die Natur den Fuß sicher so geformt, wie es am besten der Notwendigkeit seiner Beanspruchung entspricht. Daher ist das Fußgewölbe auch keineswegs starr, sondern bei den verschiedenen Phasen des Gehaktes und den verschiedenen Druckbelastungen von oben kann es eine mehr oder weniger abgeflachte Lage einnehmen. Je mehr ein Soldat z. B. durch Gepäck belastet ist, um so stärker ist der Druck auf das Gewölbe, um so abgeflachter ist die Lage des Fußes. Die Gewölbeform ist also gewissermaßen eine Apparatur, den Fuß in grober Weise den verschiedenen Belastungsdrücken und Stößen anzupassen. Wenn nun einmal beim marschierenden Soldaten diese Gewölbeform des Vorderfußes allmählich verlustig geht, weil einmal durch die Ermüdung die Muskulatur und die Bänder ihre stützende Wirkung verlieren, und dazu in den meisten Fällen noch durch schweres Gepäck eine nicht gewohnte Mehrbelastung vorhanden ist, kommt einmal der Zeitpunkt, wo der Fuß bei jedem Schritt mit seiner ganzen Fläche voll aufsetzt. Durch die fehlende Federung des Gewölbes sind jetzt die mittleren Mittelfußknochen zumindest stärker als normalerweise den Druckstößen ausgesetzt, zumal durch die starre Stiefelsohle an und für sich die physiologische Abrollung des Fußes beim Gehen eingeschränkt ist. Setzen wir einmal voraus, daß durch entsprechende Umstände das vordere Fußgewölbe im Sinne eines Spreizfußes abgeflacht ist, daß infolgedessen alle Metatarsalia dem Bodendruck in gleicher Weise ausgesetzt sind, so werden selbstverständlich diejenigen am anfälligsten sein, die am wenigsten Widerstand entgegensetzen können. Es sind besonders zwei Umstände, die uns auf den zweiten und dritten Mittelfußknochen verweisen. Zunächst die Tatsache, daß sie dünner und länger sind als die anderen, und weiter der Umstand, daß sie infolge ihrer besonders innigen gelenkigen Verbindung mit der Fußwurzel am wenigsten ausweichen können. Nehmen wir nur noch an, daß diese beiden Knochen normalerweise nicht die Hauptlastenträger des Vorderfußes sind, so ist es wohl verständlich, daß unter den erwähnten Umständen gerade sie im Sinne eines Marschschadens betroffen werden.

Zur Frage der Differenzialdiagnose der Marschfrakturen können wir sagen, daß das heute kaum noch entbehrliche Röntgenbild in dieser Hinsicht die größten Schwierigkeiten beseitigt hat. Gerade bei diesen Krankheitsbildern sind die Röntgenstrahlen ein so wichtiges Hilfsmittel, weil die klinischen Erscheinungen dieselben sind, wie bei einer Anzahl anderer Fußerkrankungen.

Aber auch über die Bedeutung als differenzialdiagnostisches Hilfsmittel hinaus geht der Wert der Röntgenstrahlen insofern, als wir mit ihrer Hilfe die Art und den genaueren Verlauf einer

Bruchlinie studieren können, und diese Befunde ja oft von großer Wichtigkeit für die einzuleitende Therapie sein können, die sich sonst allgemein der Frakturtherapie angleicht, und auf der Grundlage einer Schonung in Form von Ruhigstellung basiert.

Die größere Bedeutung beanspruchen, wie früher schon erwähnt, sicherlich die prophylaktischen Maßnahmen; denn ein großer Teil der Marschfrakturen ließe sich bestimmt vermeiden, wenn das Steigern einer funktionsmechanischen Beanspruchung durch ein entsprechend langsames Training sich so vollziehen würde, daß dem Gewebe die nötige Zeit für einen strukturellen Umbau gegeben wäre.

Abschließend möchte ich nun noch einige der in der letzten Zeit an der hiesigen Chirurgischen Klinik beobachteten Fälle einer reinen Marschfraktur anführen, weil sie dazu angetan sind, besonders auch durch ihre Erscheinungen im Röntgenbild, unsere im Verlauf der Abhandlungen gewonnenen Schlußfolgen zu bestätigen. Es handelt sich dabei mit einer Ausnahme um junge Rekruten des Marburger Bataillons, eine Tatsache, welche sich mit der Auffassung deckt, wonach eine Marschfraktur keineswegs immer das Endresultat eines langsam fortschreitendes Prozesses sein muß.

Fall I: Am 8. 2. 37 wurde der Schütze O. H. in die Chirurgische Universitätsklinik eingewiesen, weil er seit einigen Tagen über heftige Schmerzen am rechten Unterschenkel, etwas unterhalb des Kniegelenks, zu klagen hatte. Besonders nach längerem Stehen und Gehen wurden ihm die Schmerzen unerträglich. Rein äußerlich war außer einer leichten Schwellung nichts zu sehen, und es bestanden auch keinerlei Funktionsstörungen. Es wurde ein Röntgenbild gemacht, welches ganz typisch eine beginnende Marschschädigung handbreit unterhalb des Kniegelenkspaltes in Form einer starken Verwaschung und Auflockerung der Gewebsstruktur an dieser Stelle erkennen ließ. Nach einer $3^1/_2$wöchigen Therapie in Form von vollkommener Ruhe konnte Pat. wieder vollwertig seinen Dienst verrichten.

Fall II: Am 25. 1. 37 bemerkte der Schütze E. R. im Anschluß an sportliche Uebungen eine Schwellung des rechten Fußrückens, welche von der zweiten Zehe ausging. Schon am nächsten Tag konnte Pat. nur noch unter heftigen Schmerzen gehen. Er bekam einige Zeit Schonung, als deren Folge nach 10 Tagen offensichtlich eine Besserung eingetreten war, und Pat. nun wieder seinen Dienst aufnahm. Aber bereits nach einigen Tagen traten erneut Gehbeschwerden auf, die diesmal erheblich stärker als am Anfang waren. Da keine Besserung nach einigen Ruhetagen eintrat, wurde Pat. in die Chirurgische Universitätsklinik eingewiesen. Der rechte Mittelfuß ließ eine deutliche Schwellung erkennen, in deren Bereich ein umschriebener, schmerzempfindlicher Herd zu finden war. Der Verdacht auf eine Marschfraktur

bestätigte sich ganz durch das Röntgenbild, welches am 2. Mittelfußknochen eine einwandfreie Frakturlinie im Bereich eines schon stark entwickelten Callusgebietes erkennen ließ.

Fall III: Ohne jedes Vorzeichen einer Erkrankung konnte der Rekrut E. G. am 7. 4. 37 nach einem sehr anstrengenden Dienst, wobei des öfteren Sprungübungen eingeschaltet waren, plötzlich nicht mehr fest auftreten, ohne heftige Schmerzen am rechten Fuß zu erleiden. Da auch in diesem Fall nach kurzer Zeit Ruhe keine einwandfreie Besserung eintrat, kam Pat. in die Chirurgische Klinik zur Untersuchung. Das Röntgenbild zeigte einen kompletten Bruch des III. Mittelfußknochens rechts. Das Gewebe um die Frakturlinie herum erschien verwaschen und zeigte nicht mehr die normale, klare Strukturzeichnung. In diesem wie im vorherigen Fall bestand die Therapie lediglich in einer Schonung, und nach einigen Wochen war in beiden Fällen eine vollkommene Ausheilung des Bruches eingetreten.

Fall IV: Hierbei kommt noch einmal die Unentbehrlichkeit des Röntgenbildes gerade bei zweifelhaften Fällen zum Ausdruck. Der Schütze H. S. war am 24. 9. 37 wegen Verdachtes auf Marschschaden eingewiesen worden. Die erste Röntgenaufnahme ergab kein klares Ergebnis. Lediglich konnte man im Bereich einer schmerzhaften Stelle des Fußes entsprechend im Röntgenbild eine beginnende Aenderung in der strukturellen Architektur bemerken, was den Verdacht einer beginnenden Marschfraktur kräftigte. Pat. wurde zu einer späteren Kontrollaufnahme bestellt, und diese 15 Tage später gemachte Aufnahme bewies nun eindeutig, daß es sich tatsächlich um eine Marschfraktur im anfänglichen Stadium handelte, die sich sicher weiter entwickelt hätte, wenn auf Grund der zweiten Aufnahme nicht eine energische Schonungstherapie in Form von vollkommener Ruhigstellung angeordnet worden wäre.

Fall V: Die Hausangestellte M. M. verspürte am 10. 6. 37 ohne besonderen Anlaß Schmerzen in der Gegend des rechten Fußrückens. Auf genaueres Fragen gab sie allerdings an, daß sie am Abend des Vortages außergewöhnlich viel getanzt habe. Die Schmerzen verstärkten sich in den folgenden Tagen derart, daß Pat. nicht mehr auftreten konnte. Gleichzeitig bemerkte sie eine leichte Schwellung des Fußrückens. Am 25. 6. 37 ging Pat. zum Arzt, da keine Besserung trotz zeitweise Schonens eintrat. Vom Arzt wurde sie zwecks röntgenologischer Untersuchung in die Chirurgische Universitätsklinik geschickt. Hier stellte man folgenden Lokalbefund fest: Auf dem Fußrücken befindet sich ein handteller großer, geröteter, geschwollener Bezirk, der stark schmerzempfindlich ist. Die Bewegung in den Fußgelenken sowie die der Zehen ist nicht wesentlich beeinträchtigt. Das Röntgenbild zeigt eine typische periostale Callusbildung am II. Mittelfußknochen. Man rät Pat. zu einer stationären Behandlung, welche am 2. 7. ein-

setzt. Der Fuß wird ruhiggestellt und weiter mit feuchten Umschlägen und Heißluft behandelt. Bereits am 7. 7. geht die Schwellung zurück und der Schmerz beginnt nachzulassen. Am 13. 7. steht Pat. auf und kann fast schon ohne Schmerzen gehen. Am 16. 7. wird Pat. dann beschwerdefrei entlassen.

Literatur.

1. Baetzner: Sport- und Arbeitsschäden.
2. Derselbe: Sportschäden, Med. Klinik 1927.
3. Bardeleben: Lehrbuch der Chirurgie und Operationslehre, 1882.
4. Beely: Z ur Mechanik des Stehens, von Langenbecks Archiv, Bd. 27.
5. Blecher: Zur Entstehung der Fußgeschwulst. Deutsche Zeitschrift f. Chir. Bd. 74.
6. Blumenthal: Ueber Metatarsalfrakturen durch indirekte Gewalt, Berlin 1927.
7. Braus: Anatomie des Menschen, Bd. 1.
8. Deutschländer: Ueber eine eigenartige Mittelfußerkrankung. Zentralblatt f. Chir. 1929.
9. Dood: Marchfoot, Zentralorgan f. Chir. 61/190.
10. Fromme: Die Bedeutung der Looser'schen Umbauzonen. Archiv f. klin. Chir. Bd. 116.
11. Frostell: Beiträge zur Kenntnis der vorderen Stützpunkte des Fußes, sowie des Fußwinkels beim Stehen und Gehen. Zeitschrift f. orth. Chir. Bd. 47.
12. Greifenstein: Zur Frage der Deutschländer'schen Fußerkrankung. 1928.
13. Gocht: Handbuch der Röntgenlehre.
14. Grohé: Ueber Metatarsalfrakturen. Mü. Med. 1901.
15. Henle: Handbuch der Knochenlehre des Menschen.
16. Herhold: Ueber Verletzungen der Metatarsalknochen.
17. Hohmann: Erkrankungen von Fuß und Bein. Frankfurt, 1934.
18. Jansen, Murc: Die Fußgeschwulst und ihre Ursachen, Stuttgart 1915.
19. Kirchner: Ueber das Wesen der sog. Fußgeschwulst, Wiesbaden 1898.
20. Kondratijev: Knochenfrakturen an der unteren Extremität bei im Militärdienst stehenden Personen.
21. Lexer: Archiv f. klin. Chir. Bd. 119.
22. Looser: Umbauzonen, Deutsche Zeitschrift f. Chir. Bd. 152.
23. Markelow: Ueber pathologische Knochenveränderungen bei sogen. Marschfrakturen. Zentralorgan f. Chir. 62/639.
24. Maillefert: Mü. Med. 1900/36.

25. Meiser: Die Brüche der Mittelfußknochen als Ursache der Fuß oder Marschgeschwulst. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, 1901, Bd. 4.
26. Momburg: Die Stützpunkte des Fußes beim Stehen und Gehen. Deutsche Med. Wochenschrift, 1913, Bd. 6.
27. Derselbe: Der Gang des Menschen und die Fußgeschwulst. Bibl. von Choly, Bd. 25.
28. Derselbe: Deutsche Zeitschrift f. Chir. 73.
29. Muskat: Lehren von den vorderen Stützpunkten des Fußes unter besonderer Berücksichtigung der Mittelfußfrakturen. Zeitschr. f. orth. Chir., Bd. 47.
30. Derselbe: Die Brüche der Mittelfußknochen und ihre Lehre von der Statik des Fußes. Volkmann's Sammlung klin. Vorträge 1890.
31. Müller, W.: Neue Experimente über die Wirkung mechanischer Funktionsbeanspruchung auf den Knochen und Wachstumszonen. Zeitschrift f. orth. Chir. Bd. 45.
32. Derselbe: Ueber Callusbildung an den Metatarsalien ohne Fraktur. Mü. Med. 69/42.
33. Derselbe: Untersuchungen über mechanisch bedingte Umbildungsprozesse am wachsenden und fertigen Knochen. Bruns Beitrag zur klin. Chir. Bd. 127.
34. Derselbe: Insuffizienzerkrankungen der Metatarsalien. Bruns Btrg. z. klin. Chir. Bd. 133.
35. Derselbe: Normale und pathologische Physiologie des Knochens.
36. Pitzen: Knochenverdickungen bei Sportlern. Mü. Med. Wochenschrift, 1928, 2.
37. Plate: Störungen des Ganges und ihre Folgen. Zentralorgan f. Chir. 37/224.
38. Rittershausen: Zur Frage der Fußgeschwulst. Deutsche Mil. ärztl. Zeitschrift, 1898.
39. Scherf: Frakturen oder Umbauzonen an der Fibula nach besonderen sportlichen Anstrengungen. Zentralblatt f. Chir. 1933.
40. Schipmann: Casuistik der Metatarsalfrakturen. Deutsche Med. Wochenschrift, 1899, 20.
41. Schulte: Die sogen. Fußgeschwulst. Archiv f. klin. Chir. Bd. 55.
42. Seitz: Die vorderen Stützpunkte des Fußes unter normalen und pathol. Verhältnissen. Zeitschrift f. orth. Chir. Bd. 8.
43. Siebert u. Simon: Zeitschrift f. orth. Chir. Jg. 1912.
44. Stadler: Beiträge zur Aufklärung der chem. Zusammensetzung der Knochenstützsubstanz sowie ihre experimentelle Beeinflußbarkeit. Phil. Dissert. München, 1930.
45. Stechow: Fußödem und Röntgenstrahlen. Deutsche Mil. ärztl. Zeitschrift, 1897/11.
46. Strauß: Marschfrakturen der Metatarsalknochen. Zentralblatt f. Chir. 59/400.

47. Thiele: Ueber Metatarsalfrakturen durch indirekte Gewalt. Dtsch. Med. Wo. 1899/10.
48. Tobold: Kasuistik der Mittelfußbrüche. Deutsche Mil. ärztl. Zeitschrift, 1903/9.
49. Turner: Marschfrakturen der Metatarsalknochen. Zentralorgan f. Chir. 60/80.
50. Wachsmuth: Zur Aetiologie der schleichenden Frakturen. Zeitschrift der Chirurg, 1937/1.
51. Walter: Klinische Bedeutung der Umbauzonen. Archiv f. klin. Chir. 178..
52. Weinert: Die Grundformen der Statik des Fußes. Zentralblatt f. Chir. 1929.
53. Zur Verth: Umschriebene Aufhellungen im Röntgenbild. Archiv f. klin. Chir. Bd. 167.

Lebenslauf.

Am 4. 8. 1912 wurde ich als Sohn des Werkmeisters Friedrich Stückradt und seiner Ehefrau Ida geb. Dieckmann in Bochum geboren. Neun Jahre besuchte ich die Goethe-Oberrealschule in Bochum, wo ich 1932 meine Reifeprüfung bestand. Im Sommersemester 1932 begann ich in Marburg das Studium und legte im Juli 1935 dort die ärztliche Vorprüfung ab. Während des klinischen Teils meines Studiums war ich in Freiburg, Kiel, Hamburg und zum Schluß wieder in Marburg immatrikuliert. Im Verlauf meiner Studienzeit erfüllte ich als Freiwilliger meine Arbeitsdienstpflicht und diente beim I. R. 116 in Gießen. Ich bin deutscher Staatsangehöriger, arisch und evangelisch.

Meine akademischen Lehrer waren:

in Marburg: Alverdes, Becher, Boeminghaus, Claussen, Enke, Foerster, Dabelow, Dittler, Göppert, Grüneisen, Geßner, Grüter, Gremels, Jakobshagen, Kehrer, Kestermann, Klewitz, Klapp, Kretschmer, Kutscher, Loebell, Mattes, Meerwein, Mondry, Nauck, Pfannenstiel, Rix, Ruete, Schwenkenbecher, Uffenorde, Verseé.
in Hamburg: Berg, Degkwitz, Heynemann, Keeser, Konjetzny, Neumann.
in Freiburg: Aschoff, Hauptstein, Eitel, Jahn, Kilian.
in Kiel: Anschütz, Behrens, Löhr, Pels, Leusden, Siegmund.

Herrn Professor Dr. Klapp danke ich für die Ueberlassung des Themas und die Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.